

AVALIAÇÃO DOS TIPOS TECNOLÓGICOS DE MINÉRIO DA JAZIDA DE FOSFATO RESIDUAL DO COMPLEXO ALCALINO DE ANITÁPOLIS-SC, COM AUXÍLIO DE TÉCNICAS DE COMPUTAÇÃO.

TECHNOLOGICAL ORE TYPES OF THE ANITAPOLIS ALKALINE MASSIF LATERITIC PHOSPHATE DEPOSIT, EVALUATION WITH COMPUTER TECHNIQUES

Roberto Hisayoshi Samesshima

Epusp

Lilia Mascarenhas Sant'agostino

Epusp

Henrique Kahn

Professor Do Dept. Eng. De Minas - Epusp

Resumo

O depósito residual de fosfato de Anitápolis-SC apresenta diversos tipos tecnológicos de minério, cuja participação no corpo mineralizado foi aquilatada através de métodos de cubagem de reservas auxiliados por técnicas computacionais. Modelagem de blocos foi realizada pelo sistema MicroLynx, com divisão em subblocos de diversas dimensões. Devido à configuração topográfica muito irregular do depósito, a reprodução geométrica dos tipos de minérios por meio de blocos foi insatisfatória, em alguns tipos inaceitável, mesmo com a diminuição dos tamanhos dos subblocos. Isto vem a influenciar os teores estimados, onde poderá haver incorporação de material estéril ou, também, de outro tipo de minério, alterando a sua definição.

Palavras-chaves: modelagem, avaliação de reservas, cálculo de volumes, tipologia de minérios.

Abstract

The Anitapolis lateritic phosphate deposit, comprising several technological ore types, was evaluated using computer modeling techniques. The system employed was the software MicroLynx, in which primary grid model can have the blocks divided into smaller ones. The results obtained, by several modeling tests, showed small variations, and the ore types bodies were not well reproduced because the deposit's geometry is very irregular. This fact can influence the estimated values and the ore definition, by waste or another ore type incorporation.

Key-words: modeling, deposits evaluation, volumes computer, ore types.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de ferramentas computacionais na avaliação de reservas vem sendo ampliada devido, principalmente, à facilidade de interpolação de teores em locais não amostrados. Assim como a delimitação do(s) corpo(s) de minério e sua visualização tridimensional, o que vem a ser útil na modelagem geológica e no planejamento de lavra.

O depósito residual de fosfato de Anitápolis-SC, como outros depósitos de fosfato de mesma natureza, apresenta uma tipologia de minério diversificada devido ao intemperismo atuante neste depósito conjugado à presença de depósito de tálus. Os tipos de minério mostram comportamento distinto no processo de beneficiamento, definindo uma tipologia tecnológica a ser considerada na cubagem da jazida, com vistas ao seu aproveitamento industrial.

A determinação da partição das reservas segundo tipos tecnológicos de minério foi feita através da utilização de técnicas computacionais, aplicando o programa modelagem para ambiente de microcomputador, MicroLynx, versão 4.29, da LYNX Geosystems Inc.

Este trabalho tem por objetivo mostrar a aplicabilidade de técnicas computacionais na avaliação de depósitos minerais de grande variabilidade, com forma geométrica complexa e com diversos tipos de minérios.

Apresenta ainda uma pequena discussão sobre problemas de avaliação em depósitos com baixa densidade de amostragem e dos teores estimados dos blocos ou subblocos, em relação à sua diluição.

2. ÁREA DE INTERESSE

- Complexo Alcalino de Anitápolis situa-se na localidade denominada Pinheiros Altos, município de Anitápolis, Estado de Santa Catarina. Apresenta uma forma sub-circular, com uma área de 6 km², sendo intrudido em terrenos graníticos do embasamento cristalino. Essa forma é bastante evidenciada devido ao forte intemperismo associado à erosão que provocou uma depressão bem marcante no terreno, com desníveis da ordem de 250 metros.

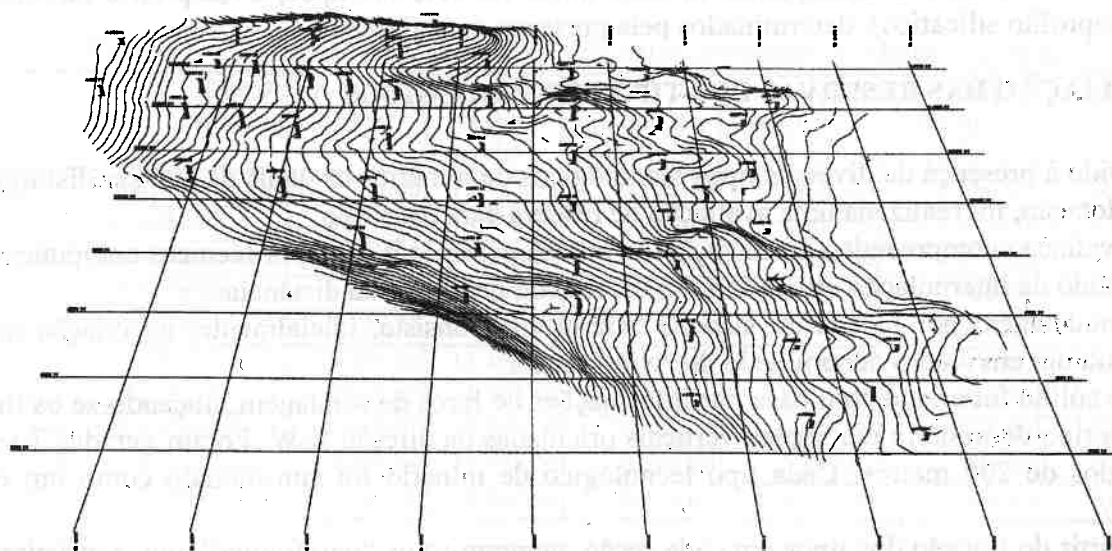


Figura 1 - Vista tridimensional da área de estudo com a localização dos furos de sondagem (coordenadas locais em metros).

- A Figura 1 mostra a área de estudo, os furos de sondagem e a configuração topográfica.

Na pesquisa geológica realizada pela Adubos Trevo, então ILM-Ind. Luchsinger Madörin SA, foi efetuado um total de 61 furos de sondagem, em malha de amostragem de 200x200m, os quais foram iniciados com diâmetros NX, no material de elúvio-colúvio, e terminados com diâmetros BX, quando perfurados em rocha sã (minério de rocha), totalizando cerca de 5.300 metros.

Estes furos, juntamente com as demais escavações efetuadas (galerias, trincheiras etc), definiram a área de interesse e o limite da mineralização no material elúvio-coluvionar. O minério residual foi considerado como sendo a porção que apresentasse um teor mínimo (teor de corte) de 5% de P_2O_5 , e relação de $CaO/P_2O_5 \geq 1,29\%$ (Vergara, 1980).

A avaliação de reservas para o minério residual foi realizada em uma área abrangendo 46 furos de sondagem. A definição desta área de interesse foi baseada no relatório da PAA (1979) e Vergara (1980) e a quantificação feita, enquadra-se como sendo reserva medida, conforme a classificação de reservas adotada pelo DNPM (1987).

3. TIPOS TECNOLÓGICOS DE MINÉRIOS

O minério residual tem um teor médio de 8% de P_2O_5 , e apresenta espessura média de 30 metros. O perfil do manto de intemperismo é caracterizado no depósito, por três níveis de materiais bem distintos: nível A, correspondendo a um colúvio com acúmulo de tálus das rochas encaixantes; nível B, horizonte argiloso de elúvio; e o nível C, de aspecto farináceo com preservação da estrutura da rocha.

Ensaio de beneficiamento mostraram que estes tipos de materiais possuem comportamento diferenciado na concentração de fosfato, caracterizando tipos tecnológicos distintos de minérios. Os fatores mineralógicos que definem o comportamento do minério residual estão relacionados à presença de vermiculita, anfibólio e carbonatos (Kahn, 1988). Assim, os tipos tecnológicos de minérios foram subdivididos em:

tipo A: depósito de tálus, com pouca vermiculita;

tipo B: minério eluvial, onde há dois sub-tipos: o B1, material residual alcalino, com menos de 30% de vermiculita e B2, residual ultramáfico, apresentando mais de 30 % de vermiculita;

tipo C: rocha semi-alterada, também subdividida em dois sub-tipos, C1(saprolito carbonático) e C2 (saprolito silicático), determinados pela presença de carbonatos.

4. AVALIAÇÃO DAS RESERVAS DOS TIPOS TECNOLÓGICOS

Devido à presença de diversos tipos tecnológicos de minérios os quais devem ser distinguidos na exploração, foi realizada uma avaliação de reserva para cada tipo.

A avaliação compreendeu a utilização da modelagem por blocos por técnicas computacionais e o método de interpolação utilizado foi o inverso do quadrado da distância.

A modelagem por blocos do sistema MicroLynx consiste, inicialmente, na criação de um sólido ou um envólucro denominado de "wireframe".

Este sólido foi criado com base nas informações de furos de sondagem, traçando-se os limites de cada tipo de minério em seções verticais orientadas na direção E-W. Foram geradas 7 seções espaçadas de 200 metros. Cada tipo tecnológico de minério foi considerado como um corpo distinto.

A partir do traçado dos tipos em cada seção, geraram-se os "wireframes", que consistiram na união dos limites correspondentes ao mesmo corpo, nas várias seções verticais.

Na sequência, definiram-se os modelos de blocos, com dimensões de 100x100m de base e 10m de altura. O sistema permite a divisão destes blocos em subblocos. Foram gerados modelos com diversos tamanhos de subblocos, dividindo os blocos em 2x2x2 (modelo1) até 20x20x2 (modelo5) e também por 2x2x1 (modelo6) até 20x20x1 (modelo10), respectivamente, gerando subblocos de dimensões de 50x50x5m a 5x5x5m e 50x50x10m a 5x5x10m. A Figura 2 mostra as dimensões dos subblocos do primeiro esquema.

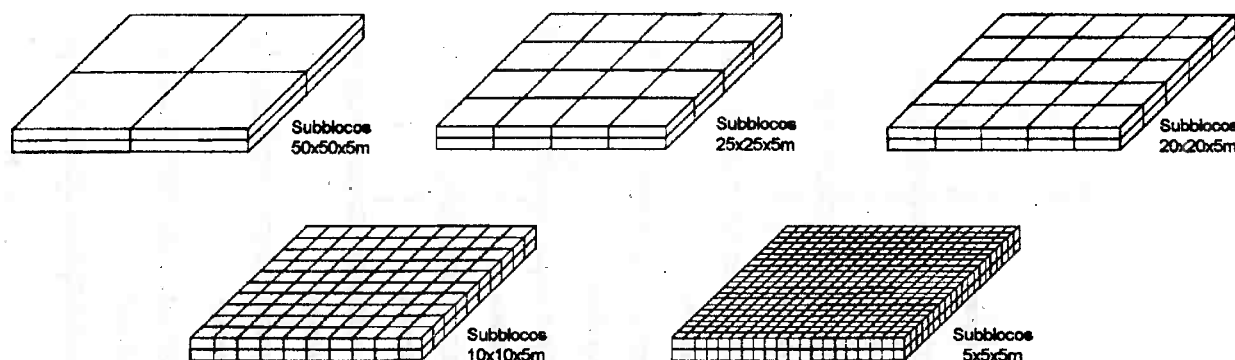


Figura 2 - Esquema da divisão dos blocos de modelagem.

Para a compatibilização do modelo de blocos com os "wireframes", deve-se criar, como exigência do sistema, seções que possuam limites coincidentes com os centróides dos subblocos, neste caso verticais. Em seguida fez-se a interpolação dos teores para cada modelo de blocos avaliado.

5.RESULTADOS OBTIDOS

Os valores dos volumes obtidos para cada tipo tecnológico de minério, resultante dos diversos modelos testado, são apresentados na Tabela a seguir. Também são apresentados a somatória dos volumes de cada tipo.

Tabela 1 - Volumes das reservas obtidos pelos diferentes modelos utilizados.

Tipo de Minério	A -talus (x10 ³ m ³)	B1-residual alcalino (x10 ³ m ³)	B2-residual ultramáfico (x10 ³ m ³)	C1-saprolito carbonático (x10 ³ m ³)	C2-saprolito silicático (x10 ³ m ³)	total (x10 ³ m ³)
Modelo1 50x50x5m	3.100,00	13.775,00	6.125,00	5.425,00	1.650,00	30.075,00
Modelo2 25x25x5m	3.050,00	14.418,75	6.268,75	5.600,00	1.875,00	31.212,50
Modelo3 20x20x5m	3.086,00	14.198,00	6.426,00	5.696,00	1.892,00	31.298,00
Modelo4 10x10x5m	2.935,00	13.360,00	6.329,00	5.677,00	1.762,00	30.063,00
Modelo5 5x5x5m	3.125,75	14.016,25	6.591,00	6.196,25	2.017,00	31.946,25
Modelo6 50x50x10m	3.350,00	13.450,00	6.350,00	5.350,00	1.900,00	30.400,00
Modelo7 25x25x10m	2.937,50	13.712,50	6.287,50	6.137,50	1.837,50	30.912,50
Modelo8 20x20x10m	3.056,00	14.268,00	6.628,00	5.808,00	1.408,00	31.168,00
Modelo9 10x10x10m	2.882,00	13.356,00	6.248,00	5.592,00	1.776,00	29.854,00
Modelo10 5x5x10m	3.093,00	13.997,50	6.474,00	6.135,00	1.994,00	31.693,50

Os resultados mostram que, mesmo com a diminuição dos blocos para as duas sequências, a variação relativa aumentou, porém estas variações dos volumes ainda são plenamente aceitas dentro da classificação de reserva medida. A Figura 3 mostra a variação dos volumes obtidos através dos diversos modelos testados.

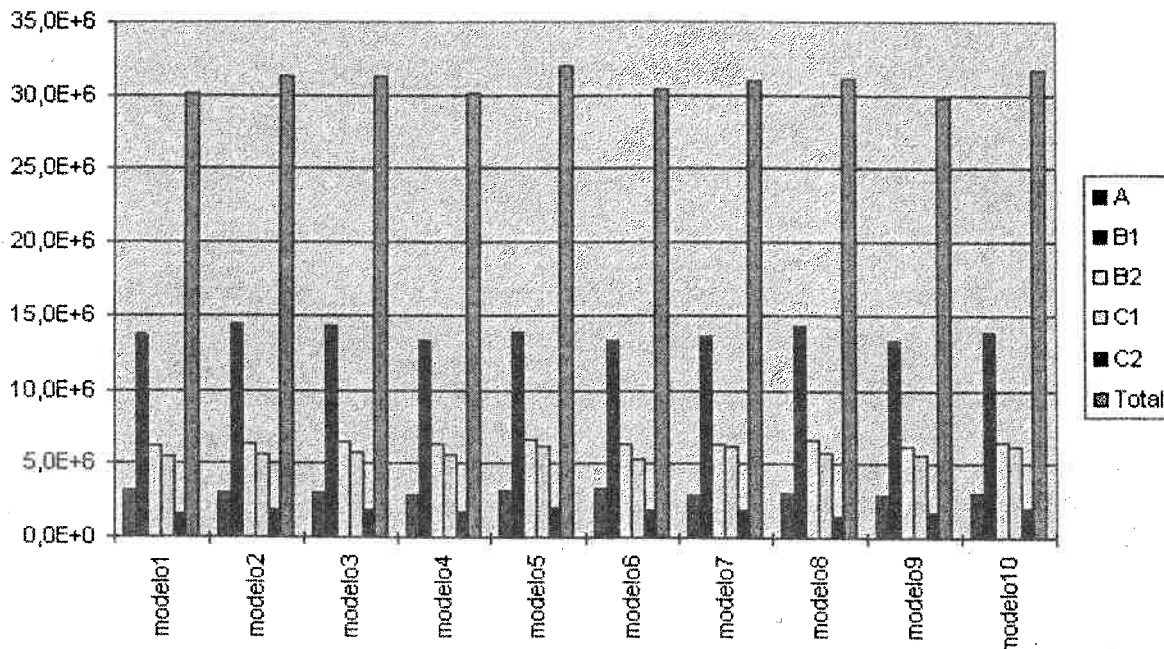


Figura 3 - Representação gráfica dos volumes totais de minério.

6. ANÁLISE DOS DADOS

As variações de volumes observados para os diversos modelos testados devem-se ao fato de ocorrer um efeito de compensação, proporcionado pela aproximação de polígonos irregulares por figuras regulares, tema já abordado por Houlding (1992) em relação à estimativas de cálculos de áreas e também em estudo apresentado por Sameshima (1995) em análises de volumes de figuras geométricas conhecidas por aproximação por modelos de blocos. A diminuição dos tamanhos dos blocos acarreta um melhor ajuste aos contornos geológicos dos corpos de minério e, conseqüentemente, os volumes calculados seriam mais próximos ao real.

Observe na Figura 4 como ficaria a configuração de um corpo mineral hipotético aproximado por meio de blocos, onde foram considerados aqueles que possuíssem o centro geométrico dentro dos limites do corpo.

O ajuste dos corpos por blocos regulares nunca será perfeito e, conseqüentemente, o volume não será efetivamente o real; pois o volume calculado pelo sistema é a soma dos blocos e/ou subblocos, cujo centro geométrico estejam dentro dos limites das seções geradas no modelo, no caso a partir dos "wireframes".

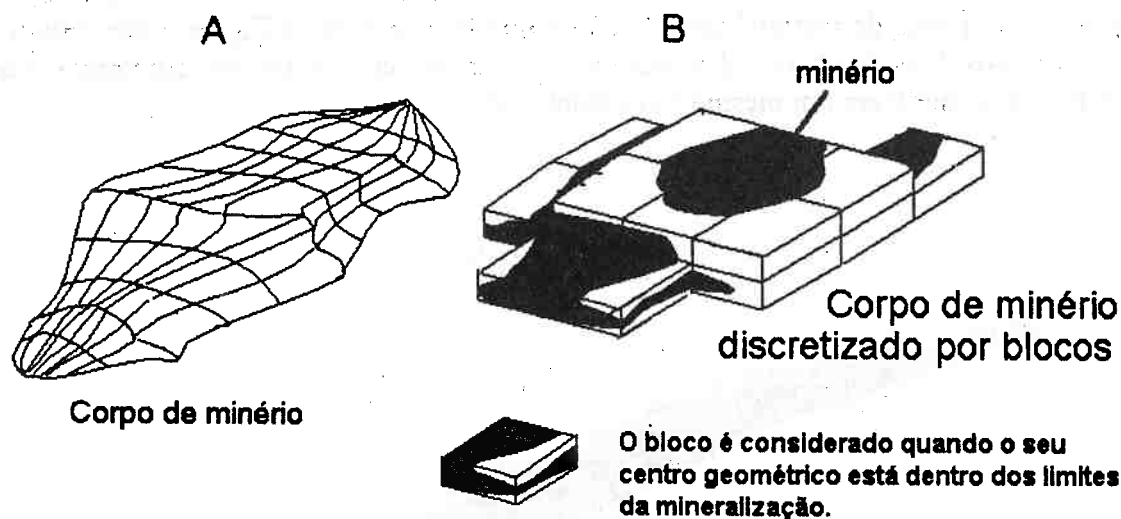


Figura 4 - Aproximação de um corpo de minério por um conjunto de blocos (Sameshima, 1995).

A reprodução geométrica do corpo de minério nem sempre é satisfatória, atingindo para o saprolito carbonático, com espessura média de 7,8 metros, variações relativas acima de 20%. Para os outros tipos as variações ficaram dentro do limite aceitável. Sameshima (1995) mostrou que mesmo volumes de figuras, obtidas por modelos de blocos, com variação abaixo de 2% do volume real a representação geométrica da figura original ficou bastante prejudicada.

Tabela 2 - Valores das espessuras dos diversos tipos de minério do depósito.

Minério espessuras	A-Talus	B1-Residual alcalino	B2-Residual ultramáfico	C1-Saprolito carbonático	C2-Saprolito silicático
média	12,2	13,5	12,6	7,8	12,3
máxima	25	31	25	21	21
mínima	2	3	6	2	2

As oscilações dos volumes para os modelos testados, em sua maioria, ficaram cada vez maiores, o que leva a entender que os tamanhos dos blocos e subblocos não foram adequados, sendo ainda grandes, para um melhor ajuste às formas do corpo e, com consequência, aos volumes reais.

7. CONCLUSÕES

A avaliação de um corpo de minério através da modelagem de blocos apresenta vantagem de estimar teores em locais não amostrados. Permite ainda uma rápida modificação da interpretação dos limites dos corpos de minério e, também, da topografia, para o auxílio no planejamento de lavra.

- tipo e a forma de relevo do depósito associado a uma malha de amostragem aberta foram fatores que influenciaram nos resultados da modelagem.

Ocorrem porções do corpo mineralizado que não foram computadas no cálculo de volume, assim como partes de material estéril incluídos indevidamente. A Figura 5 apresenta uma seção com diversos tipos de minério discretizados por blocos, sendo observado a ocorrência de mais de um tipo de minério em um mesmo bloco/subbloco.

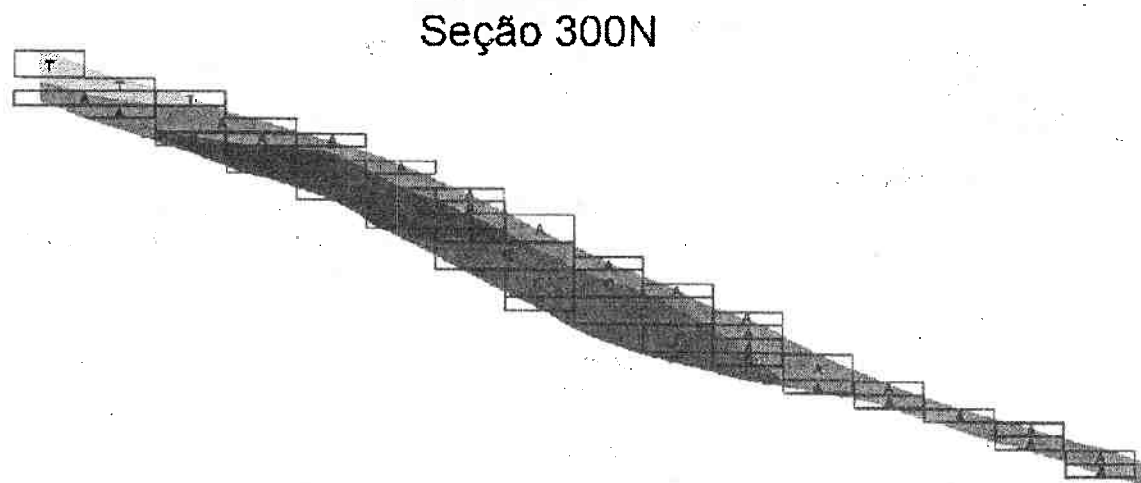


Figura 5 - Esquema de discretização de corpos de vários tipos de minério em blocos para o cálculo de volume.

Mesmo com a divisão do bloco em subblocos o problema persiste, o que somente seria melhorado com uma diminuição excessiva dos subblocos. Este fato pode influenciar na estimativa dos teores dos blocos e, também, na avaliação do tipo de minério.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral - 1987 - **Código de mineração e legislação correlativa**. Brasília, DFPM. 333p.
2. Houlding, S. W. - 1992 - **The application of new 3-D computer modelling techniques to mining**. In: TURNER, A. K. (coord.) Three-dimensional modelling with geostatistic information systems. Colorado School Mines. Dep. Geol. and Geol. Econ. Colorado. USA. p.303-325.
3. Kahn, H. - 1988 - **Caracterização mineralógica e tecnológica do depósito de fosfato do Complexo Alcalino de Anitápolis**. 219p. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências - USP.
4. PAA - Paulo Abib Engenharia S.A.- 1979 - **Estudo da tipologia do minério de fosfato, Anitápolis, Santa Catarina**. São Paulo (inédito).
5. Sameshima, R.H. - 1995 - **O erro geométrico na avaliação de reservas do minério residual de fosfato do Complexo Alcalino de Anitápolis-SC**. 108p. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências - USP.
6. Vergara, V. D. - 1980 - **Pesquisa geológica desenvolvida no Complexo Alcalino de Anitápolis**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú, SBG. v4, p.2502-2517.